

論文 Original Paper

ローカル地震から推定した宮城県沖地域の震源メカニズム

堀 直人*・山本 俊六**

Source Mechanism in Off Miyagi Region by Local Earthquakes

N. Hori and S. Yamamoto

Abstract: Since 1997, CMT analysis for local events ($M > 3.5$) around Japan has been carried out regularly by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) using a high-dense broadband seismometer array, and the data are known to have large amount of information for seismology. In this study, spatial variation of fault mechanism and stress field are studied by analyzing accumulated CMT data to estimate areas and mechanism of future events in the southern Tohoku subduction zone, Japan.

Over 400 numbers of CMT data for events around the southern Tohoku subduction zone (longitude: 141E–143E, latitude: 37N–40N, depth: < 100 km, magnitude: > 3.5 , period: Source SourceFeb. 1997–Sept. 2003, variance reduction of CMT analysis: $> 70\%$) are selected. All data are classified into three groups (normal fault, reverse fault and others) and each of them is divided spatially by gridding method. Spatial resolution of the grids is 0.2 degree, which corresponds to two times of the original resolution. Fault mechanism (strike, dip angle), depth and stress vector for each group and each grid are calculated through weighted averaging.

Keywords: CMT, source mechanism, earthquake, off-Miyagi, fault, subduction

1. はじめに

近年、プレート間型の宮城県沖地震の危険性が指摘されており、この地域に対しては、地震調査研究推進本部地震調査委員会の強震動評価委員会によって、防災上から強震動予測が行われている。その被害低減のために震源メカニズム、震源パラメータの推定は重要な課題である。これらの推定に関して、多くの研究が行われている（たとえば山中佳子、菊地正幸（2001）、Igarashi et al（2001））が、その際、1936年、1978年宮城県沖地震などの過去のプレート間型の被害地震データを用いて推定を行うのが一般的である。同じアスペリティーが繰り返し破壊されると言う立場に立てば、これらの解析法は被害推定に向けた最も直接的な方法と言える。一方、対象地域を含む広域な地震特性とその空間変動を調べることは、上述の方法で一意的に定められたメカニズムを統計的な客観性をもって検証することにもなり、場合によっては特定の震源メカニズムを有する破壊領域また境界線を抽出できる可能性もある。ただしこのためには、ローカル地震の震源メカニズムデータの蓄積が必要になる。

防災科学技術研究所のF-netでは、1997年より日本全域にわたる $M > 3.5$ 以上の地震のメカニズムを解析・公開しており、蓄積されたデータの重要度は高い。そこ

で、本論では、宮城県沖地域におけるこれらの震源メカニズムを用いて、震源メカニズムの詳細な変動解析の第一段階として、震源メカニズムの基本的な空間的特性を求め、過去の震源域との関連を考慮しながら検討を行う。

2. 宮城県沖のテクトノクス

地震の発生には、初期条件の1つに周辺の静的なテクトノクスによる応力場がある。宮城県沖地域は、太平洋プレートが、日本海溝から東北地方を含む陸側のプレートの下に沈み込んでいる。太平洋プレート上面は沖合いで深さ10 kmほどに位置し、次第に陸側にもぐりこみ、三陸海岸沿いで60 kmほどの深さになることが報告されている（Ito et al（2000））。この地域は大局的に東西圧縮の応力を受けていることが分かる。これにより、太平洋プレートと陸側のプレート境界の固着域で発生するプレート境界型地震、沈み込む太平洋プレートの内部で発生する地震、また、沈み込むプレート境界より上部の陸域の浅い地震など複数のタイプの地震が発生すると考えられるが、応力場の空間的違いにより、これら複数のタイプの地震はそれぞれ異なる地域にグルーピングされると考えられる。

3. 解析に用いる地震データ

解析には、防災技術研究所F-net（Full Range Seismograph Network of Japan）のモーメントテンソル

* 工学部建築デザイン工学科教授

** 地震予知総合研究振興会研究員

(CMT)を用いた。F-netは、広帯域地震計（高感度速度型）と強震計（低感度速度型）のペアが各観測地点に設置され、遠地震は広帯域地震計で、近地の地震の強震動は強震計で観測することができる。これらの地震計により記録されたデータがほぼリアルタイムで防災科学技術研究所に収集され、 $M=3.5$ 以上の地震に関してはCMT解が自動および手動で計算されている。これらの

データは2001年度から公開され、1997年以降発生した全国の震源メカニズムが得られるようになった。そこで、本論では、宮城県沖地域を中心に、北緯37度から40度、東経141度から143度、深度100 km以浅の範囲で、マグニチュード3.5以上のデータを収集した。これらのデータのうち、解析の品質が70%以上のものを選択し、最終的に427地震のデータを扱うものとした。

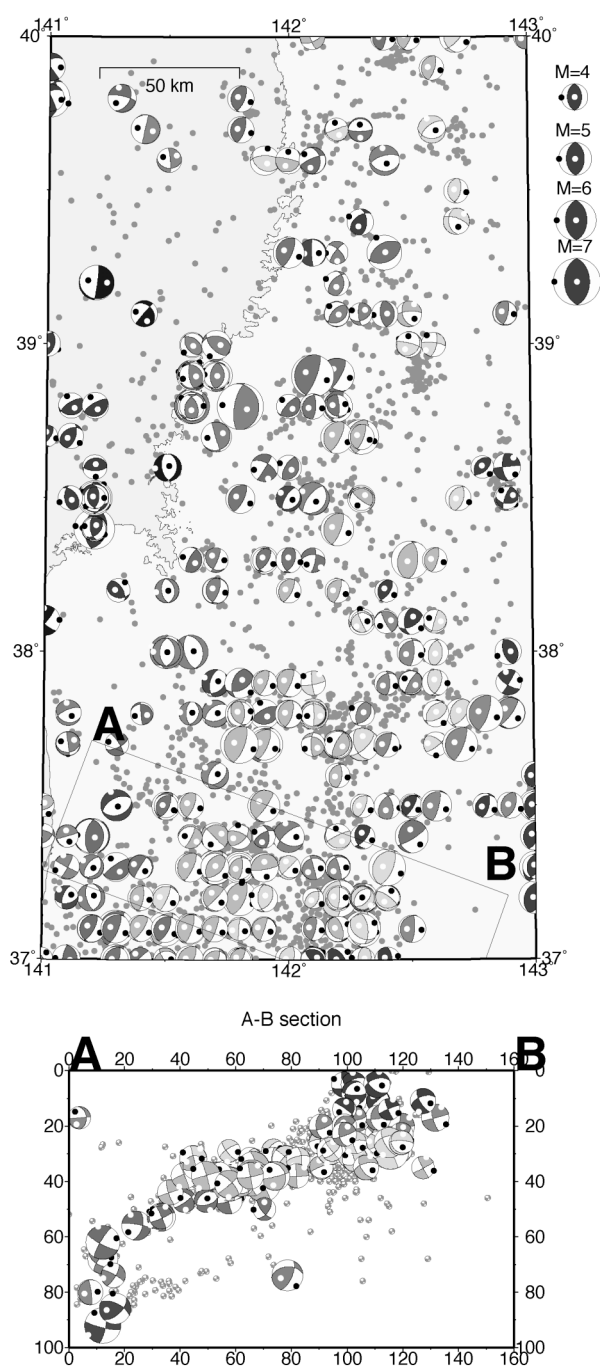


Fig. 1 Distribution of source mechanisms in off-Miyagi region and its vertical section 1.

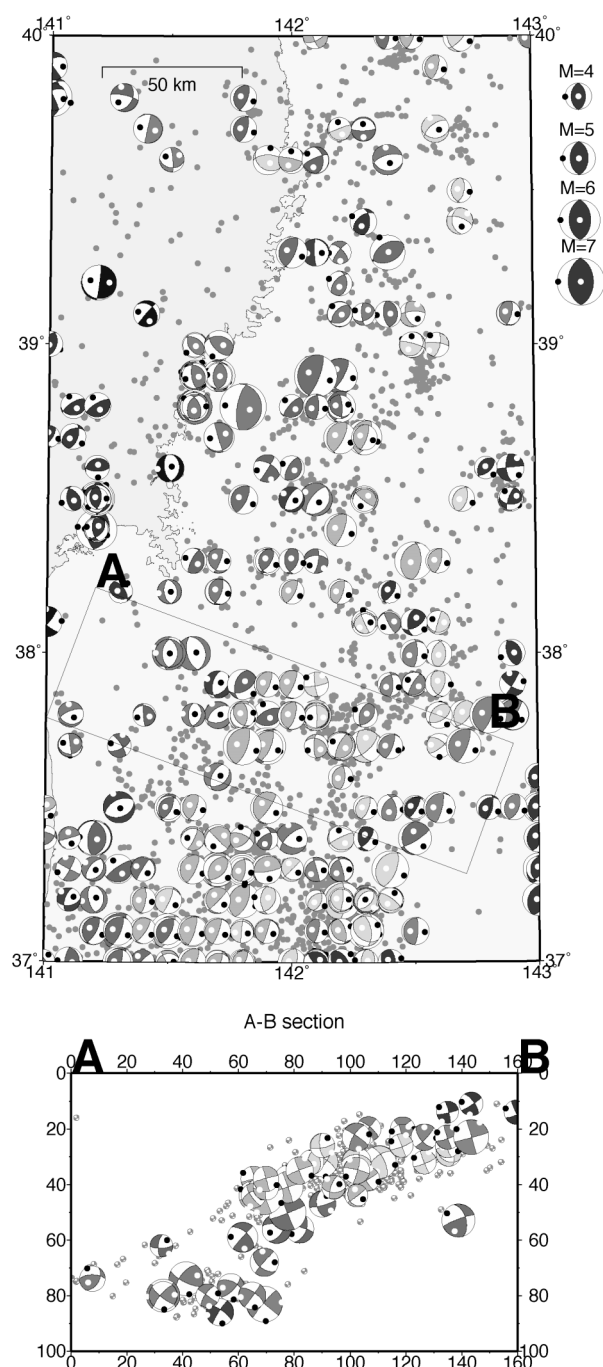


Fig. 2 Distribution of source mechanisms in off-Miyagi region and its vertical section 2.

4. 解析結果

3章で用意したデータを用いて震源メカニズムの分布をプロットしたものを Fig. 1-Fig. 6 に示す。各図とも平面図にはメカニズムの南半球, 断面図には断面方向へメカニズム球を投影したものを示す。メカニズム球内の黒丸は主圧縮軸, 白丸は主引張軸を表す。これらの図より大局的には, 低角逆断層の解がトラフ側から陸側へ滑

り込むように並び, その出現下限は約60 km 程度にある。また太平洋プレート内上層で主圧縮軸がプレートの沈みこみ方向を向いた逆断層型地震, 下層で主引張軸がプレートの沈みこみの方向を向いた正断層型地震が確認できる。これらのプレート内型地震は発生頻度の高い領域がグルーピングできる傾向にある。

次に震源パラメータをトラフに平行な領域ごとに見るために, Fig. 7 に示すような A, B, C の3領域に分け,

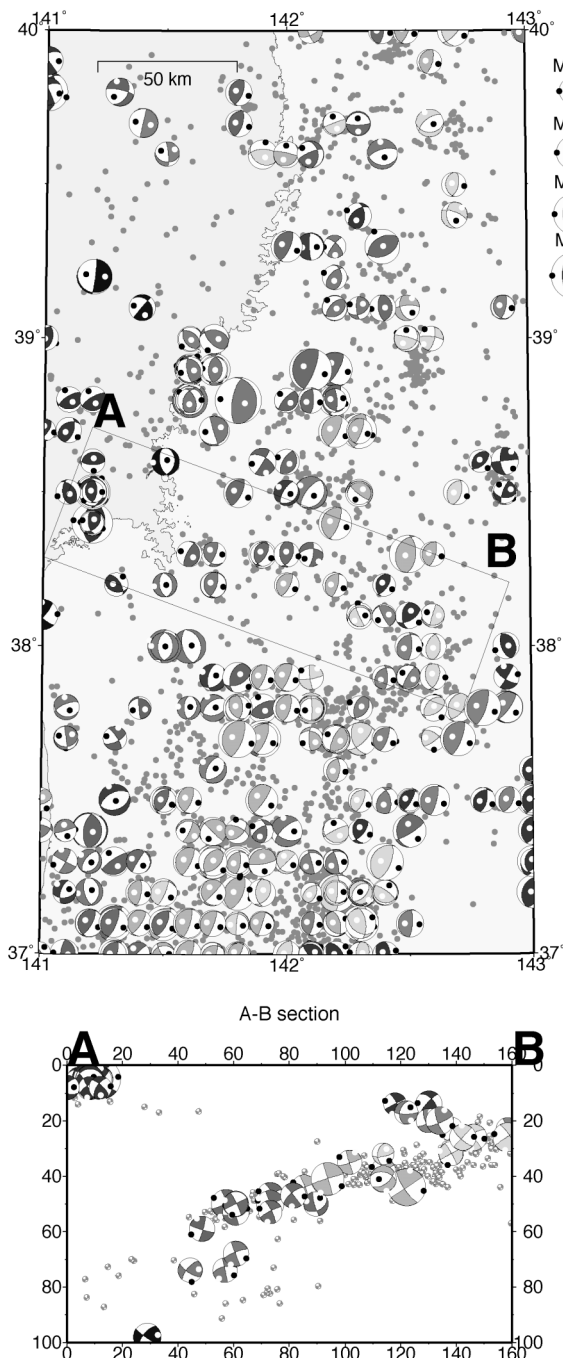


Fig. 3 Distribution of source mechanisms in off-Miyagi region and its vertical section 3.

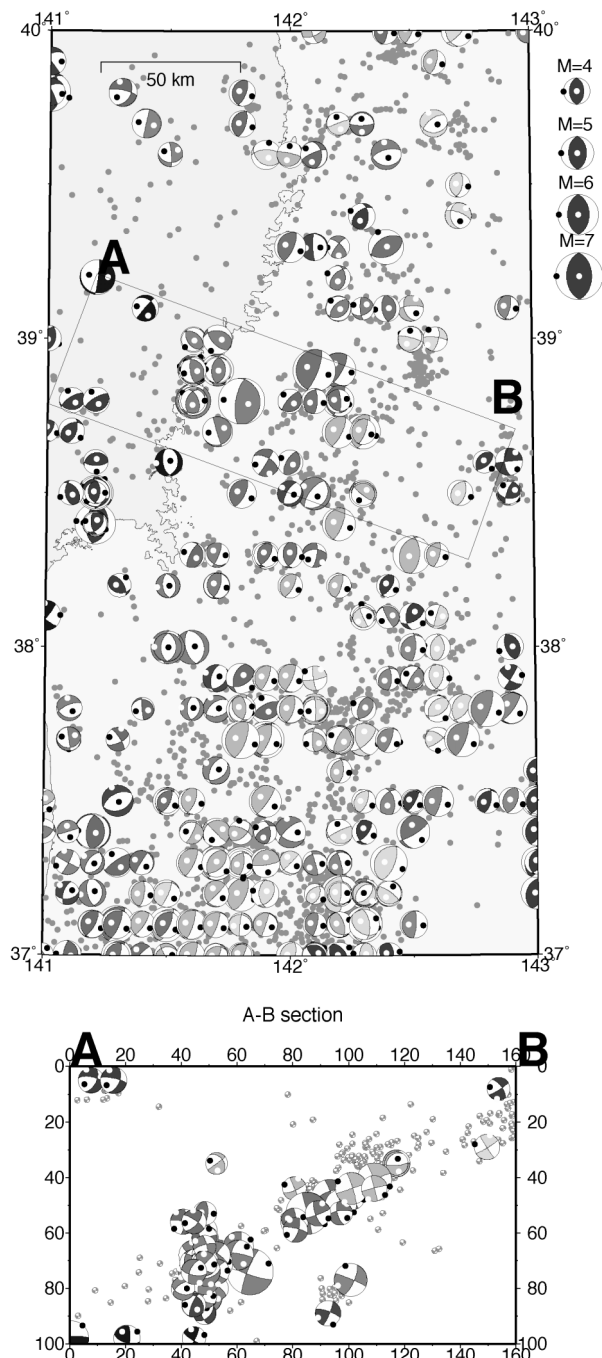


Fig. 4 Distribution of source mechanisms in off-Miyagi region and its vertical section 4.

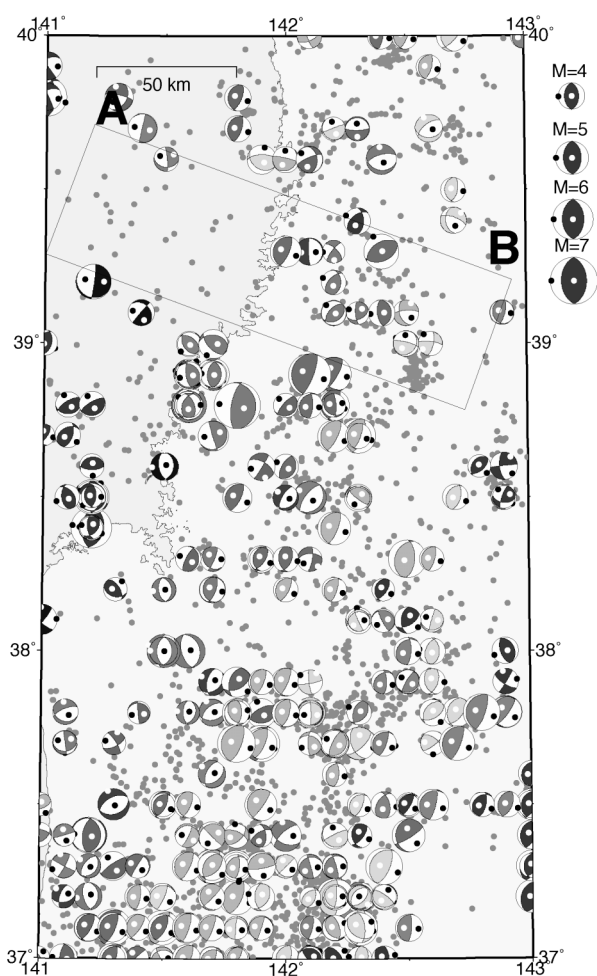


Fig. 5 Distribution of source mechanisms in off-Miyagi region and its vertical section 5.

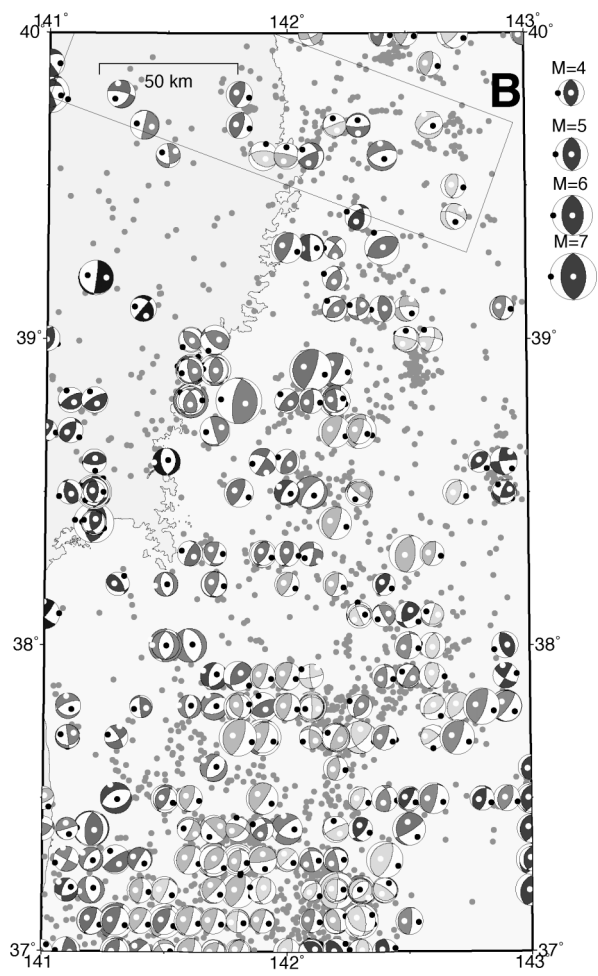


Fig. 6 Distribution of source mechanisms in off-Miyagi region and its vertical section 6.

各領域毎のメカニズムの strike 角, dip 角を解析した。このうち領域 A の結果を示す (Fig. 8, 9)。これから strike 角は約200度, dip 角は約30度程に分布することが分かる。

さらに対象を低角逆断層型に絞り, その特性のローカルな変化を明瞭に確認するために, 深さ, strike 角, dip 角毎にコンターを描いた (Fig. 10-Fig. 12)。これらのコンターは, 対象領域を0.1度単位のグリッドに分

割した上で, 各グリッド内の値の平均値を求めることにより作成している。これらの図より, 北緯37.5度付近を境にし, 南北で沈み込みの形状の非連続性が認められる。すなわち北緯37.5度以北では東経141.5度~142.1度付近に逆断層の陸側出現境界があるのに対して, 北緯37.5度以南では東経141.2度~142.3度付近に同様の境界が確認できる (Fig. 13深緑線参照)。ただし, 上の非連続線の南北で strike および dip の極端な変化は認められ

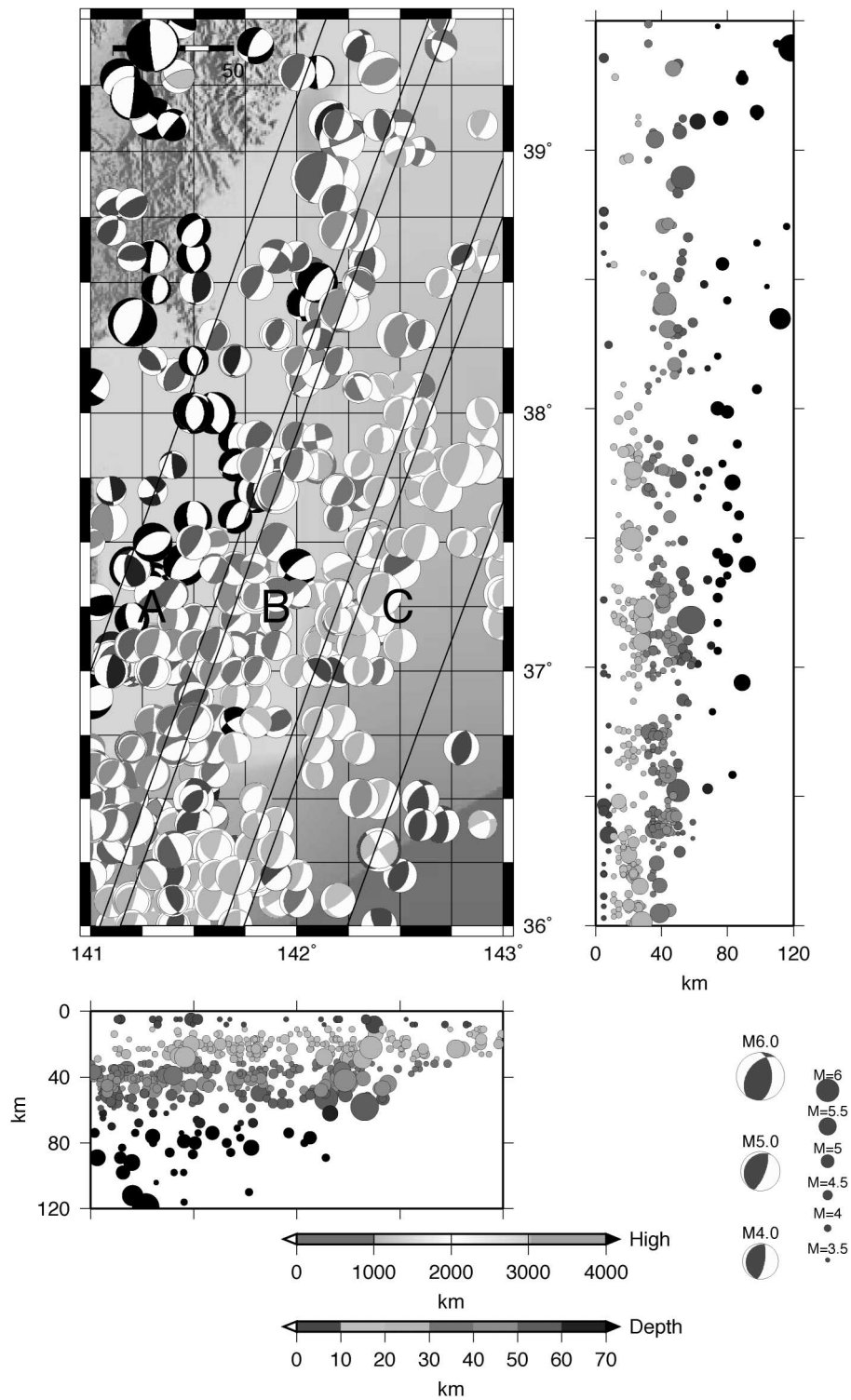


Fig. 7 Subduction region in off-Miyagi.

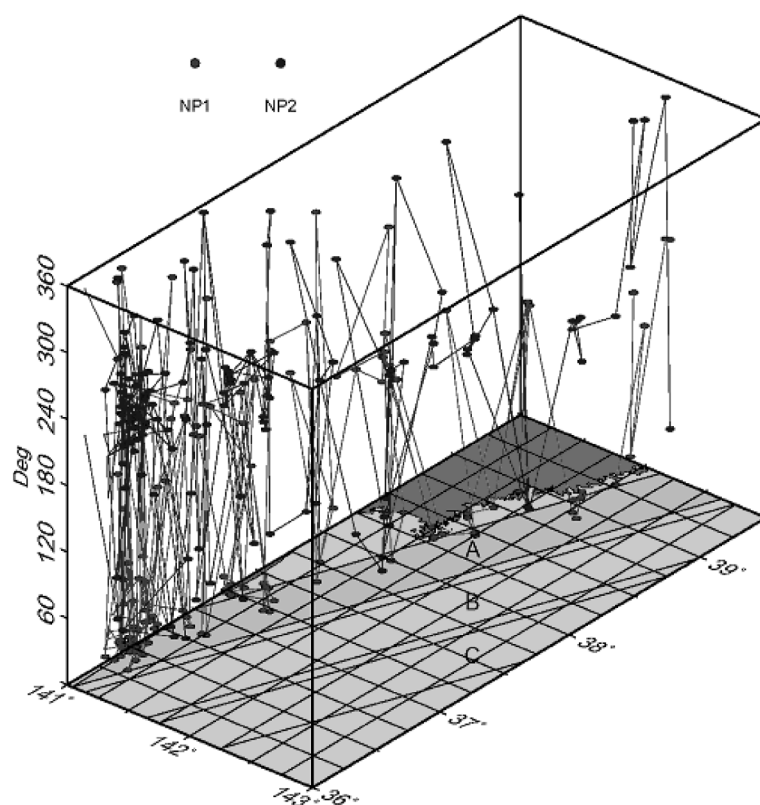


Fig. 8 Strike angles of source mechanisms in off-Miyagi region A.

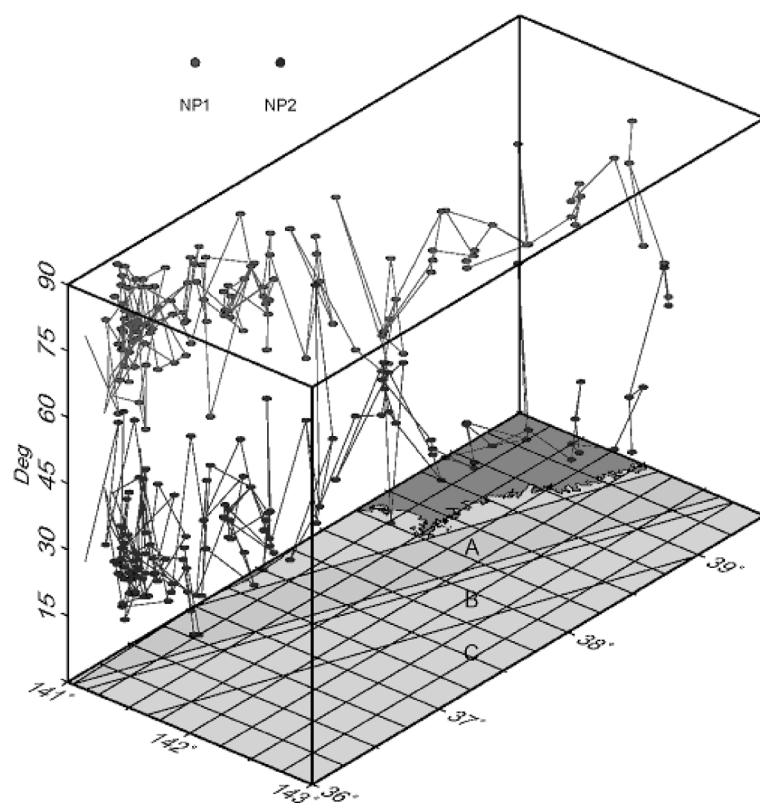


Fig. 9 Dip angles of source mechanisms in off-Miyagi region A.

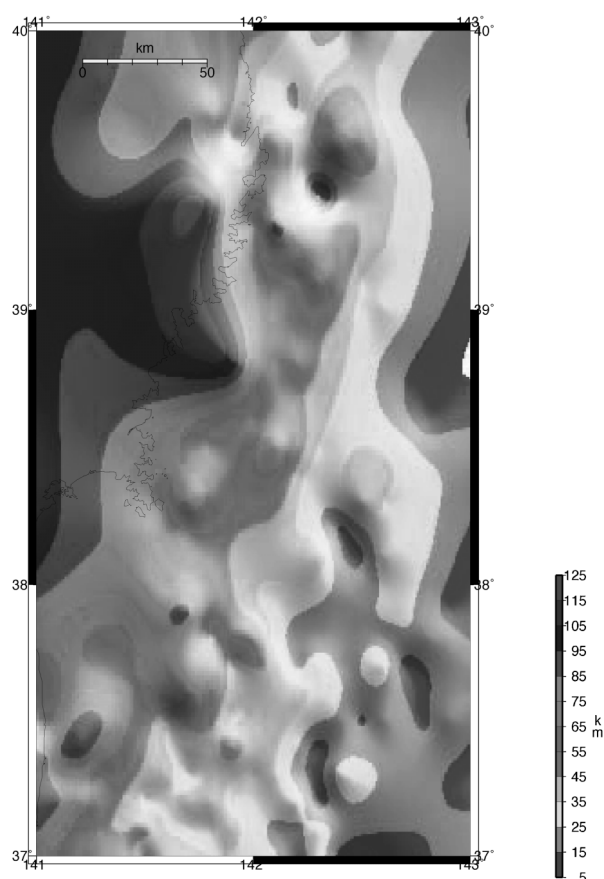


Fig. 10 Contour line of depth for source mechanisms in off-Miyagi region.

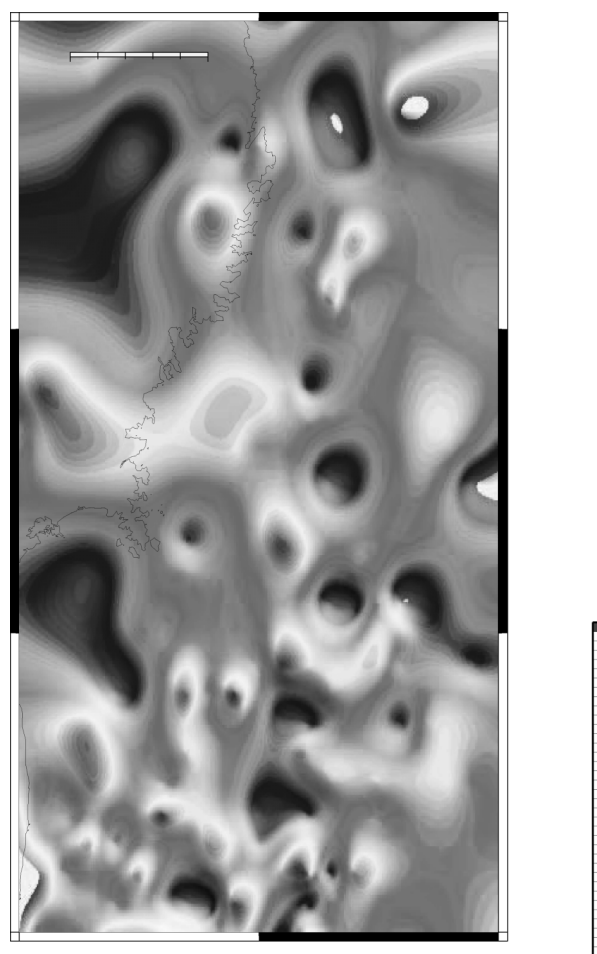


Fig. 11 Contour line of strike for source mechanisms in off-Miyagi region.

ない。これはこの地域でマクロな応力場（プレートへの応力の加わり方）に大きな変化はないものの、ローカルな物性、構造の違いの影響を受け、太平洋プレートの沈み込み方が異なっていることを示すものと思われる。

5. 過去の地震の解釈

5.1 1936年11月3日宮城県沖地震（ $M_j=7.4$ 、深さ61 km）

山中佳子、菊地正幸（2001）によればプレート間型のメカニズムを持ち、その破壊領域（Fig. 13ピンク線内）は section 3 図（Fig. 3）に示した低角逆断層型地震発生の陸側境界（深さ60 km 付近）の20 km 程度東側（海側）で終わっている。今回求めたプレート間型地震のメカニズムの分布状況から考えると、この地域では破壊領域がさらに20 km ほど陸側に伸びることも考えられる（Fig. 13緑線内）。その場合、最も陸側の領域の深さは60 km 程度であると予想される。ただし、これらの領域でスリップ量がどの程度になるか（アスペリティー領域となるか）は分からない。

5.2 1978年6月12日宮城県沖地震（ $M_j=7.4$ 深さ40 km）

やはりプレート間地震であり、山中佳子、菊地正幸（2001）による破壊領域（Fig. 13赤線内）は section 3 図に示した低角逆断層型地震発生の陸側境界（深さ60 km 付近）まで伸びている。同型メカニズムの分布状況から考え、この境界は、断層が陸側に伸びる限界と考えることもできる。

5.3 2003年5月26日宮城県沖地震（ $M_j=7.1$ 深さ71 km）

メカニズムはプレート内逆断層型であり、深さも60 km 以深である。プレート間地震の陸側発生境界のわずかに西側であるが、明らかにプレート間地震とは別グループに分類される。従ってプレート間地震との直接的な関連はない。

以上より1936年11月3日宮城県沖地震の震源域西側には低角逆断層型のメカニズムをもつ地域が存在し、将来的にはこれらの領域を含めた破壊が発生することも考えられる。宮城県付近での被害予測をする際には、断層が

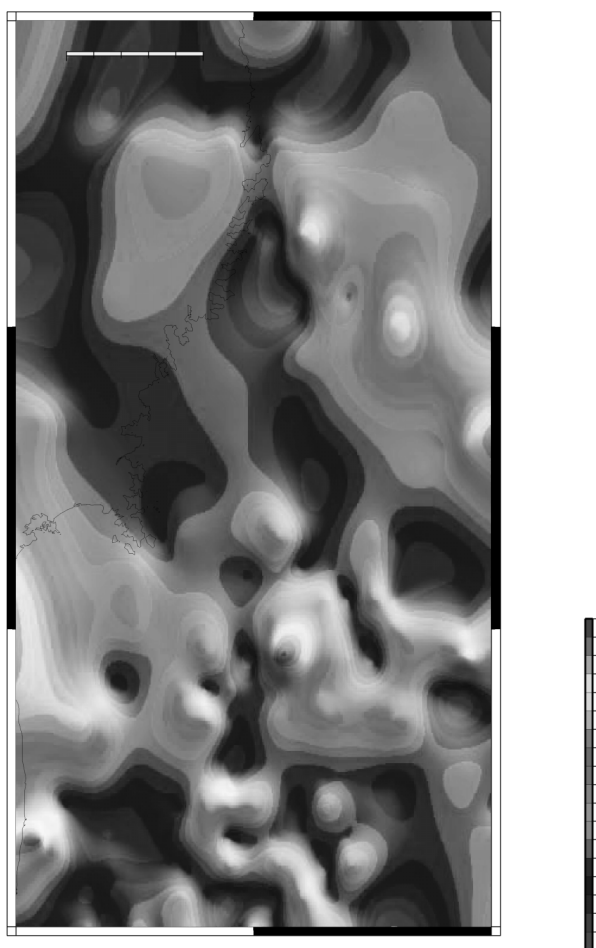


Fig. 12 Contour line of dip for source mechanisms in off-Miyagi region.

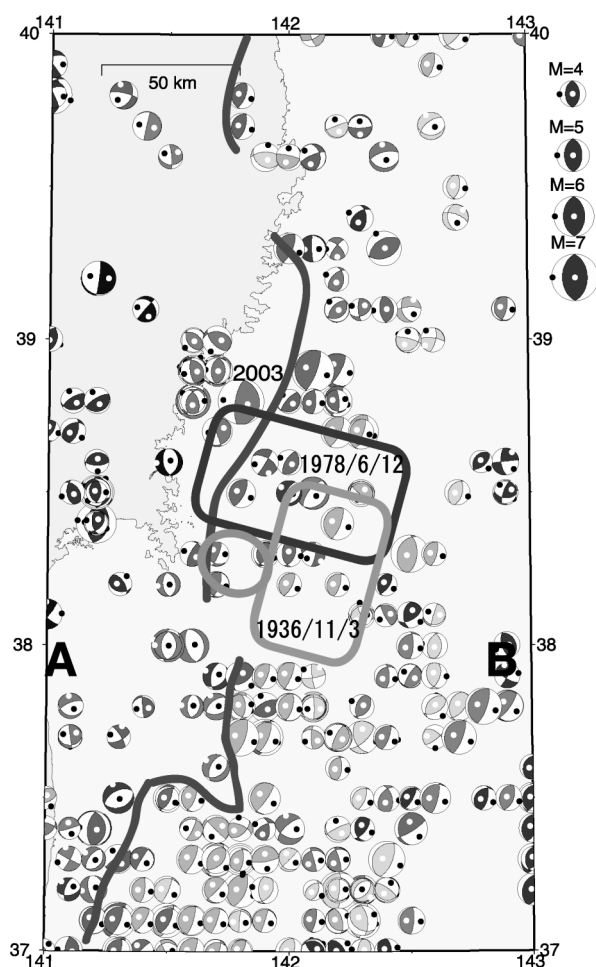


Fig. 13 Areas with asperity 1936 and 1978 and discontinuous line of CMT.

これらの地域まで伸びる可能性があることも考慮すべきであろう。

6. ま と め

ここでは、防災科学技術研究所のF-netによる震源メカニズム解の分析を通し、宮城県沖地域におけるメカニズムの基本的な空間的特性を求め、過去の震源域との関連を検討した。その結果、対象地域内ではマクロな応力場の変化は認められないものの、北緯37.5度付近で太平洋プレートの沈みこみ方に非連続性が認められること、1936年宮城県沖地震の推定断層面の西側にも今後同型のメカニズムで破壊が発生する可能性があることも分かった。今後、データ量の増加、解析法の改善により、さらに分解能の高い解析を行うようにしたい。

なお、これらのデータ解析には前述のように防災技術研究所のF-netデータを用いた。

参 考 文 献

1) 山中佳子, 菊地正幸 (2001), 東北地方のアスペリティマップ, 東京大学地震研究所広報, 第34号, pp. 2-4.

2) Igaarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa (2001), Spatial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquakes associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-planed deep seismic zone, *J. Geophys. Res.*, vol. 106, pp. 2177-2191.

3) 三浦誠一, 高橋成実, 仲西理子, 小平秀一, 金田義行 (2001a), 日本海溝前弧域 (宮城沖) における地震学的探査—KY9905航海—, JAMSTEC 深海研究 (海洋科学技術センター), 第18号, pp. 145-156.

4) 飯尾能久, 松澤 暢, 吉田真吾, 加藤照之, 平田 直 (2003), 非地震性すべりの時空間変化と大地震の発生予測—三陸沖における近年の進展を中心に, *地震* 第56巻, 第2号 pp. 213-229.

5) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2003), 宮城県北部の地震活動の評価, <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>.

6) Ito, S., Hino, R., Matsumoto, S., Shiobara, H., Kanazawa, T., Sato, T., Kasahara, J., and Hasegawa, A. (2000), Deep seismic structure of seismogenic plate boundary in the off-Sanriku region, northeastern Japan, *Tectonophysics*, vol. 319, pp. 261-274.